Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**Методические рекомендации**

**к выполнению лабораторных работ**

по МДК03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей»

профессионального модуля ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»

для студентов специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация

электрооборудования промышленных и гражданских зданий

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск, 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с программой МДК03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» профессионального модуля ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей», | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол №  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ Чиняева С.А. / | УТВЕРЖДАЮ  Зам. директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г. |

**Согласовано:**

Пережогин А.А. – главный инженер ООО «УК Южуралэлектромонтаж-два»

**Автор(ы):** Ябыков Кайрат Жумартович,преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа**.**

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка | 4 |
| Перечень лабораторных работ | 6 |
| Требования к содержанию отчета | 7 |
| Критерии оценки отчетных работ | 7 |
| Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ | 7 |
| Образец титульного листа | 9 |
| **Работа № 1** Определение мест повреждения кабельных линий | 10 |
| **Работа № 2** Монтаж воздушной линии самонесущим изолированным проводом | 20 |
| **Работа № 3** Разделка концов кабеля | 26 |
| **Работа № 4** Монтаж комплектного распределительного устройства напряжением 6-10 кВ | 34 |
| **Работа № 5** Монтаж коммутационной аппаратуры открытого распределительного устройства | 40 |
| **Работа № 6** Снятие вольтамперной характеристики ограничителя напряжения | 48 |
| **Работа № 7** Определение индуктивного сопротивления сдвоенного реактора | 51 |
| **Работа № 8** Наладка оборудования КРУ | 54 |
| **Работа № 9** Наладка коммутационной аппаратуры | 61 |
| Список литературы | 65 |

# ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по междисциплинарному курсу МДК03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» профессионального модуля ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» предназначены для обучающихся по специальности 087.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий.

Лабораторные занятия являются важным элементом междисциплинарного курса. В процессе выполнения лабораторных работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения практических работ по междисциплинарному курсу МДК 03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» профессионального модуля ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей».

Программой междисциплинарного курса МДК 03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» профессионального модуля ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» предусмотрено выполнение 8 лабораторных работ, направленных **на формирование *элементов следующих компетенций*:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершения профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Ставить цели, мотивировать деятельность подчененных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)

ПК 3.1. Организовывать и производить монтаж воздушных и кабельных линий   
с соблюдением технологической последовательности.

ПК 3.2. Организовывать и производить наладку и испытания устройств воздушных и кабельных линий.

**Требования к результатам освоения модуля**

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

- по организации и выполнению монтажа и наладки электрических сетей;

- по участию в проектировании электрических сетей;

уметь:

- составлять отдельные разделы проекта производства работ;

- анализировать нормативные документы при составлении технологических карт на монтаж воздушных и кабельных линий;

- анализировать нормативные документы при составлении технологических карт на монтаж электрических сетей;

- выполнять монтаж воздушных и кабельных линий в соответствии с проектом производства работ, рабочими чертежами, требованиями нормативных документов и техники безопасности;

- выполнять приемо-сдаточные испытания;

- оформлять протоколы по завершению испытаний;

- выполнять работы по проверке и настройке устройств воздушных и кабельных линий;

- выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей;

- осуществлять выбор токоведущей части на разных уровнях напряжения;

- подготавливать проектную документацию на объект с использованием персонального компьютера;

знать:

- требования приемки строительной части под монтаж линий;

- государственные, отраслевые и нормативные документы по монтажу и приемо-сдаточным испытаниям электрических сетей;

- номенклатуру наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- технологию работ по монтажу воздушных и кабельных линий в соответствии с современными нормативными требованиями;

- методы наладки устройств воздушных и кабельных линий;

- основные методы расчета и условия выбора электрических сетей;

Описание каждой лабораторной работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания, умения и элементы компетенций, теоретическое изложение необходимого материала (при необходимости примеры выполнения заданий), описание алгоритма выполнения работы и контрольные вопросы (с целью выявить и устранить недочеты в освоении материала).

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Отчеты студентов по лабораторным работам должны содержать номер, название и цель работы, выполненные задания и их результаты, ответы на контрольные вопросы и выводы по проделанной работе.

Титульный лист должен быть оформлен в соответствии с приложением 1.

**Перечень лабораторных работ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Название работы | Базовый | Углубленный |
| 1 | Определение мест повреждения кабельных линий | 2 | 1 |
| 2 | Монтаж воздушной линии самонесущим изолированным проводом | 2 | 1 |
| 3 | Разделка концов кабеля | - | 2 |
| 4 | Монтаж комплектного распределительного устройства напряжением 6-10 кВ | 2 | 2 |
| 5 | Монтаж коммутационной аппаратуры открытого распределительного устройства | 2 | 2 |
| 6 | Снятие вольтамперной характеристики ограничителя напряжения | 2 | 2 |
| 7 | Определение индуктивного сопротивления сдвоенного реактора | 2 | 2 |
| 8 | Наладка оборудования КРУ | 2 | 2 |
| 9 | Наладка коммутационной аппаратуры | 2 | 2 |
|  | Итого | 16 | 16 |

**Требования к содержанию отчета**

Каждая отчетная работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Схемы опытов.
4. Необходимые формулы и расчеты.
5. Таблицы с результатами замеров и расчетов.
6. Графики и диаграммы, построенные по результатам замеров и расчетов, если это требуется по заданию.
7. Выводы по работе.
8. Ответы на контрольные вопросы.

Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТа с помощью условных обозначений. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, графики) выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК.

**Критерии оценки отчетных работ**

|  |  |
| --- | --- |
| Критерии | Оценка |
| Графическая часть выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, приведены порядок расчетов и результаты расчетов в таблицах, указаны единицы измерений | Отлично |
| Графическая часть выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, порядок расчетов приведен не полностью, результаты расчетов записаны в таблицах, указаны не все единицы измерений | Хорошо |
| Графическая часть выполнена не в соответствии с требованиями ГОСТ, порядок расчетов приведен не полностью, результаты расчетов записаны в таблицах, указаны не все единицы измерений | Удовлетворительно |

**Правила техники безопасности при выполнении**

**лабораторных работ**

Студент, находясь в лаборатории**, должен** **быть:**

* предельно дисциплинированным и внимательным;
* находиться непосредственно у исследуемой лабораторной установки.

Студентам **запрещается**:

1. подходить к другим установкам, распределительным щитам и пультам, делать на них какие-либо включения или переключения;
2. самостоятельно включать силовое питание лабораторных стендов;
3. подавать питание на собранную схему без проверки правильности соединений преподавателем;
4. включать схему под напряжение, если кто-нибудь касается ее неизолированной токоведущей части;
5. производить какие-либо переключения в схеме, находящейся под напряжением;
6. во время работы электрической машины касаться вращающихся частей или наклоняться к ним близко;
7. приводить в негодное состояние как отдельные комплектующие лабораторного стенда, так и весь стенд в целом;
8. уходить из лаборатории по окончании лабораторной работы, не отчитавшись о комплектности стенда и его исправности преподавателю;
9. **одежда** студента **не должна** иметь свободно свисающих концов шарфов, косынок, галстуков, а прическа или головной убор должны исключать возможность «свисания» прядей волос.

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

# ОТЧЕТ

по лабораторным работам

по ***МДК 03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей»***

### выполнил:

группа:

проверил: ***Ябыков К.Ж.***

Челябинск, 201\_

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N1

**Методы определение мест повреждения кабельных линий**

**Цель работы**: 1) Изучить методы определения повреждений в кабельных линиях;

2) изучить особенности индукционного метода поиска мест повреждения кабеля;

3) на модели кабельной линии определить характер повреждения.

**Приборы и инструмент**: тестер, комплект штеккеров, датчик для поиска обрывов в кабелях.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** технологию работ по монтажу воздушных и кабельных линий в соответствии с современными нормативными требованиями;

- **уметь** выполнять монтаж воздушных и кабельных линий в соответствии с проектом производства работ, рабочими чертежами, требованиями нормативных документов и техники безопасности.

# Краткие теоретические сведения

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждений, определяемых путем измерений мегомметром на 1000-2500 В. При этом измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы относительно земли, сопротивление изоляции между каждой парой токоведущих жил, проверяют целостность токоведущих жил. Для обнаружения обрыва жил испытание следует проводить с обоих концов, закорачивая все три фазы на конце, противоположном подключению мегомметра. При наличии короткого замыкания определяют переходное сопротивление. Если оно в месте повреждения велико (более 5 МОм), а кабель не выдержал испытания, то для более точного определения места неисправности производят прожигание кабеля. Прожигание кабелей производят как на постоянном токе от специальных установок, так и на переменном токе от трехфазных повышающих трансформаторов. Целью прожигания кабелей является создание переходного сопротивления определенного значения в месте повреждения кабеля.

Выбор метода отыскивания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Поиск места повреждения производят обычно в два этапа. На первом этапе отыскивают зону повреждения, для чего применяют импульсный метод, метод колебательного разряда, емкостный метод и метод петли. На втором этапе определяют точное место повреждения, для чего применяют метод накладной рамы, акустический и индукционный методы. Область применения различных методов приведена в таблице 1 .

МЕТОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА является одним из наиболее применяемых методов при “заплывающих пробоях”, которые часто наблюдаются в кабельных муфтах. Суть “заплывающего пробоя” заключается в том, что при имеющейся мощности выпрямительной установки при прожиге кабеля с увеличением его длины для заряда емкости кабеля до напряжения пробоя потребуется большее время. В результате этого частота разряда уменьшается, и место повреждения успевает “заплывать”.

Для определения места повреждения при большей длине кабеля необходимы выпрямительные установки большей мощности, которые и используются при проведении места повреждения методом колебательного разряда. Суть метода заключается в измерении периода (полупериода) свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции в месте повреждения. При измерении на жилу кабеля подается высокое напряжение, но не выше допустимого, отрицательной последовательности (рисунок 1). В месте повреждения в момент пробоя напряжение падает до нуля, что соответствует моменту времени , где:

 -время прохождения волны до места повреждения;

-расстояние от конца кабеля до места повреждения;

- скорость распространения волны (равна для силовых кабелей  м/мкс);

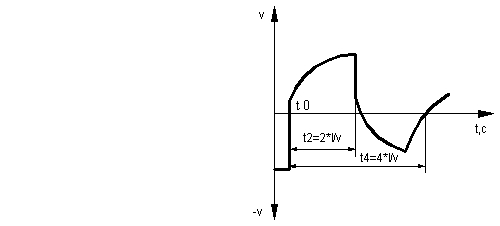


Рисунок 1

Затем потенциал жилы резко возрастает и возникает волна напряжения положительной полярности ,которая приходит к концу кабеля и, не меняя знака возвращается к месту повреждения. В момент времени  волна достигает места пробоя, потенциал жилы резко падает до нуля и волна уходит к концу линии с переменой знака. В момент времени  волна отрицательной полярности приходит к концу линии, возвращаясь к месту пробоя с тем же знаком. В момент  волна приходит к месту повреждения и в момент пробоя напряжение опять падает до нуля. На этом завершается полный период, за время которого волна четыре раза проходит расстояние от конца кабеля (места подключения кабеля к испытательной установке) до места повреждения. Поэтому

 , где -период колебаний.

Для повышения точности обычно измеряют время первого полупериода, так как в связи с затухающим характером колебаний форма и значение напряжения сильно искажаются на экране осциллографа. Шкала прибора проградуирована в километрах, измерение времени (обычно полупериода ) производится по секундомеру. Схема подключения прибора ЭМКС-58М, позволяющего определять расстояния от 40 м до 10 км для кабелей до 10 кВ, изображена на рисунке 2.

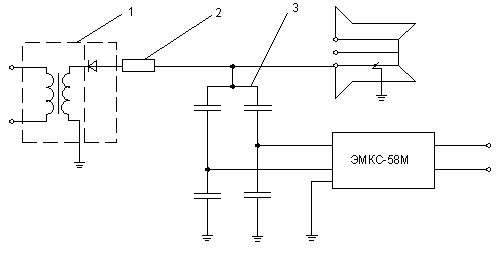


Рисунок 2

ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД применяют для отыскания мест пробоя изоляции жил между собой или на землю, а также при обрыве линии с одновременным пробоем изоляции жил между собой или на землю. При пропускании тока по кабелю однофазного переменного тока вокруг кабеля образуется магнитное поле, значение которого зависит от значения тока. Если в поле кабеля внести рамку (антенну) из проволоки, то изменяющееся поле будет наводить в ней ЭДС и при замыкании контура рамки в телефоне возникнет ток и появится звучание. Чем выше частота тока, тем отчетливее звук. Чтобы звучание от испытуемого кабеля отличалось от звучания других кабелей, по испытуемому кабелю с помощью генератора низкой частоты пропускают ток частотой 800-1200 Гц. Отыскание мест повреждения по цели жила-земля является особенно сложным из-за растекания тока в месте повреждения по оболочке кабеля в обе стороны на десятки метров. Поэтому практически однофазные повреждения путем прожига переводят в двух - трехфазные и определяют повреждение по цепи жила-жила или искусственно создают цепь жила-оболочка кабеля, заземляя последнюю с обеих сторон и подключая генератор к жиле и оболочке. Наводимая в рамке ЭДС зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного расположения рамки и кабеля. Зная характер распределения поля для данного токораспределения в кабеле и при соответствующей ориентации рамки, по изменению силы звука в телефоне можно определить место повреждения.

МЕТОД НАКЛАДНОЙ РАМКИ применяют для определения непосредственно на кабеле при открытой прокладке места короткого замыкания жила-жила или жила- оболочка. Сущность метода аналогична индукционному. После подключения генератора на кабель накладывают рамку с телефоном и поворачивают вокруг оси. Если измерение производится до места повреждения, то за один поворот рамки будет прослушивается два максимума и два минимума сигналов от поля пары токов: жила-жила или жила-оболочка. За местом повреждения поле создается одиночным током и в телефоне при повороте рамки будет слышен монотонный звук.

ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД применяют для определения зоны таких неисправностей, как одно-, двух-, или трехфазное короткое замыкание, замыкание жил на землю, обрыва жил.

Таблица 1 Область применения методов определения мест повреждения кабельных работ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид повреждения | Напряжение пробоя, В | Переходное сопротивление в месте повреждения, Ом | Метод определения | |
| Зоны повреждения | Точного места повреждения |
| Замыкание жилы на землю | От нуля испытательного | 0-40 | Импульсный, петлевой | Индукционный метод накладной рамки |
| 40-200 | Импульсный, колебательного разряда, петлевой | Акустический |
| 200-5000 | Колебательного разряда, петлевой | -“- |
| Замыкание жил между собой или на землю в одном месте | 0-40 | Импульсный, петлевой (при наличии целой жилы) | Индукционный |
| 40-200 | Импульсный, колебательного разряда | Индукционный, акустический |
| 200-5000 | Колебательного разряда | То же |
| 0-200 | Импульсный | Акустический (с предварительным разрушением мостика) |
| Двойное замыкание на землю в разных местах | 200-5000 | Петлевой, колебательного разряда | То же |
| Обрывы жил без замыкания на землю | При напряжении до испытательного нет пробоя | Выше 10 6 | Импульсный, емкостный, колебательного разряда | Акустический |
| Обрывы жил с замыканием на землю | Меньше испытательного | 0-200 | Импульсный | Индукционный |
| Выше 200 | Колебательного разряда | Акустический |
| Заплывающий пробой изоляции | Выше 10 6 | То же | -“- |

**Порядок проведения работы.**

1. Ознакомиться с принципиальной электрической схемой лабораторной установки, изображенной на рисунок 3.



Рисунок 3

1. По заданию преподавателя собрать заданную схему с повреждением кабеля (на модели повреждение изоляции и кз в линии иммитируется перемычкой, **содержащей резистор 1-2МОм**!; при кз линии на землю - **перемычкой с резистром 1-2МОм**! соединяют фазу и нейтраль; при кз между линиями - **перемычку с резистром 1-2МОм**! устанавливают между фазами; обрыв в линии иммитируется отсутствием перемычки между участками кабеля ).

Поиск обрыва в линии

1. По заданию преподавателя собрать схему с оборывом в линии. Предварительно проводится проверка линии на обрыв: для этого все линии на конце кабеля объединяются с нейтралью и затем поочередно прозваниваются омметром (используется тестер). Пример см. рисунке 4 Для усложнения задачи для учащихся допускается применение перемычек со скрытым разрывом соединительного провода, тем самым визуально нельзя обнаружить место обрыва и учащемуся необходимо проделать всю цепочку измерений для вынесения заключения о месте обрыва.



Рисунок 4

1. После определения линии, содержащей обрыв, ее вывод на конце кабеля соединяют с нейтралью. Пример см. рисунок 5.



Рисунок 5

1. Запитать стенд от сети. Подать напряжение на ввод поврежденной линии.
2. С помощью датчика поиска обрывов кабеля произвести поиск места обрыва. Для этого подключить наушники к датчику через соответствующее гнездо. Приблизить датчик к вводу линии на котором присутствут напряжение на расстояние до 5мм – в наушниках будет слышен 50Гц «фон», который существенно ослабляется при приближении к нейтральному проводу и отрезку линии, соединенном с нейтралью. Следуя вдоль линии, но не касаясь ее, определить место, где происходит резкое снижение уровня звука «фона». Это и есть место обрыва.

Проверка сопротивления изоляции и кз в линии.

1. Произвести проверку сопротивления изоляции линии. По заданию преподавателя собрать схему модели для проверки кабельной линии с поврежденной изоляцией. (на модели повреждение изоляции и кз в линии иммитируется перемычкой, **содержащей резистор 1-2МОм**!). Концы линий соединяют с нейтралью. Пример см. рисунок 6.



Рисунок 6

1. Измерить сопротивление изоляции между линиями, линиями и землей (на модели взамен промышленного мегометра применяется цифровой тестер). ***Работу проводят при отключенном питании стенда!***
2. После обнаружения поврежденной линии стенд подключают к сети и на ее ввод подают напряжение. Пример см. рисунок 7.



Рисунок 7

1. С помощью датчика поиска обрывов кабеля произвести поиск места повреждения. Для этого подключить наушники к датчику через соответствующее гнездо. Приблизить датчик к вводу линии на котором присутствует напряжение на расстояние до 5мм – в наушниках будет слышен 50Гц «фон», который существенно ослабляется при приближении к нейтральному проводу и отрезку линии, соединенном с нейтралью. Следуя вдоль линии, но не касаясь ее, определить место, где происходит существенное снижение уровня звука «фона». Это и есть место повреждения.

**Контрольные вопросы.**

1. Какие существуют способы поиска обрывов кабелей.
2. На каком принципе основан индукционный метод поиска обрыва кабеля.
3. Какие существуют виды неисправностей кабельных линий.
4. В чем суть «заплывающего пробоя».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N2

**Монтаж воздушной линии самонесущим изолированным проводом**

**Цель работы**: 1) изучить устройство СИП;

2) получить практический навык монтажа СИП.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** номенклатуру наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

- **уметь** выполнять монтаж воздушных и кабельных линий в соответствии с проектом производства работ, рабочими чертежами, требованиями нормативных документов и техники безопасности.

**Краткие теоретические сведения**

## Провод СИП (Сип кабель) предназначен:

Для передачи электроэнергии в воздушных линиях электропередачи и ответвлений к вводам в жилые дома и хозяйственные постройки.  
Для повышения надежности работы линий распределения и передачи электроэнергии за рубежом уже более 50 лет применяют самонесущие алюминиевые провода в полиэтиленовой изоляции на напряжение 0,6/1кВ и среднее напряжение.  
В последнее время провод сип стали применять в России: в воздушных линиях электропередач классов напряжения 0,6/1 кВ и 20 кВ при температуре от -50oС до +50oС.  
По желанию клиента провод СИП может быть укомплектован линейно-сцепной арматурой отечественного или импортного производства.

## Преимущества самонесущих изолированных проводов:

* Использование провода СИП обеспечивает высокую надежность, бесперебойность энергообеспечения потребителей.
* За счет уменьшения объемов аварийно-восстановительных работ при эксплуатации провода СИП происходит значительное сокращение общих эксплуатационных расходов (реальное сокращение эксплуатационных расходов доходит до 80%).
* Ширина просеки при строительстве значительно уменьшается.
* На проводах не происходит образование снежных наростов, льда.
* В линиях электропередач, используемых самонесущий провод, происходит значительное снижение общих энергетических потерь.

## Провода самонесущие изолированные марок СИПт-1, СИПт-2, СИП-1, СИП-2 (СИП-2а)

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | **Область применения:** Для применения в воздушных силовых линиях и осветительных сетях на переменное напряжение до 0,6/1 кВ номинальной частотой 50 Гц. Вид климатического исполнения проводов УХЛ, категории размещения 1, 2 и 3 по ГОСТ 15150-69. |

## Основные технические и эксплуатационные характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение | 0,6/1 кВ |
| Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля | от -50°С до +50°С |
| Относительная влажность воздуха (при температуре до +35 °С) | 98% |
| Минимальная температура прокладки кабеля без предварительного подогрева | -20°С |
| Предельная длительно допустимая рабочая температура жил | 70°С (СИПт), 90°С (СИП-1, СИП-2) |
| Предельно допустимая температура нагрева жил кабелей в аварийном режиме (или режиме перегрузки) | 80°С (СИПт), 130°С (СИП-1, СИП-2) |
| Максимальная температура нагрева жил при коротком замыкании | 135°С (СИПт), 250°С (СИП-1, СИП-2)oС |
| Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке | 10 диам. кабеля |
| Срок службы не менее | 30 лет |
| Гарантийный срок эксплуатации кабеля | 3 года |

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | 1. Нулевая несущая жила, сталеалюминиевая. 2. Алюминиевая жила сечением 16-120 мм2. 3. Изоляция из светостабилизированного сшитого полиэтилена (СИП-1, СИП-2 (СИП-2а)) или светостабилизированного термопластичного (СИПт-1, СИПт-2).   **Конструктивное исполнение:** Вокруг нулевой несущей жилы скручены изолированные фазные жилы, а также при необходимости - жилы уличного освещения. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Марка | Конструкция | Условия эксплуатации |
| СИП-1 | Самонесущий изолированный провод с алюминиевыми фазными токопроводящими жилами, с изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена, с нулевой несущей неизолированной жилой из алюминия, упрочненного стальной проволокой | Для воздушных линий электропередач и ответвлений к вводам в жилые дома, хозяйственные постройки в районах с умеренным и холодным климатом, в атмосфере воздуха типов II и III по ГОСТ 15150. Рабочая температура жил до 90°С |
| СИП-2 (СИП-2а) | То же, но с нулевой несущей жилой, изолированной светостабилизированным сшитым полиэтиленом | То же. [Общие рекомендации по проектированию ВЛИ](http://elegiya-spb.ru/cable_sip_recomend.html) |
| СИПт-1 | Самонесущий изолированный провод с алюминиевыми фазными токопроводящими жилами, с изоляцией из светостабилизированного термопластичного полиэтилена, с нулевой несущей неизолированной жилой из алюминия, упрочненного стальной проволокой | Для воздушных линий электропередач и ответвлений к вводам в жилые дома, хозяйственные постройки в районах с умеренным и холодным климатом, в атмосфере воздуха типов II и III по ГОСТ 15150. Рабочая температура жил до 70°С |
| СИПт-2 | Тоже, но с нулевой несущей жилой, изолированной светостабилизированным термопластичным полиэтиленом | То же |

## Провода с защитной изоляцией для воздушных линий электропередачи марки СИП-3

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | **Область применения:** Для применения в воздушных линиях электропередач на переменное напряжение до 35 кВ номинальной частотой 50 Гц. Провод по конструктивному исполнению, техническим характеристикам и эксплуатационным свойствам соответствует стандарту HD 626 S1 Европейского комитета по стандартизации в электротехнике (CENELES). Вид климатического исполнения провода В, категории размещения 1, 2 и 3 по ГОСТ 15150-69. |

## Основные технические и эксплуатационные характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение | до 20 кВ, 35 кВ |
| Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля | от -60°С до +50°С |
| Относительная влажность воздуха (при температуре до +35 °С) | 98% |
| Минимальная температура прокладки кабеля без предварительного подогрева | -20°С |
| Предельная длительно допустимая рабочая температура жил | 90°С |
| Предельно допустимая температура нагрева жил кабелей в аварийном режиме (или режиме перегрузки) | 130°С |
| Максимальная температура нагрева жил при коротком замыкании | 250°С |
| Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке | 10 диам. кабеля |
| Срок службы не менее | 40 лет |
| Гарантийный срок эксплуатации кабеля | 3 года |

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | 1. Токопроводящая жила из проволок из алюминиевого сплава (сечением 35-240 мм2)\*. \* Возможно изготовление проводов сечением до 150 мм2 на напряжение 20 кВ с ТПЖ из алюминия, упрочненного стальной проволокой по ТУ 3555-034-05755714-2007 2. Изоляция из светостабилизированного сшитого полиэтилена. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Марка | Конструкция | Условия эксплуатации |
| СИП-3 | **Жила**-уплотненная из алюминиевого сплава; **Изоляция** - сшитый светостабилизированный полиэтилен. | Для воздушных линий электропередач в районах с умеренным, холодным и тропическим климатом, в атмосфере воздуха типов II и III по ГОСТ 15150-69, в т. ч. на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков [Основные требования при эксплуатации провода СИП-3. Преимущества](http://elegiya-spb.ru/cable_sip_requirement.html) |

## Провода самонесущие изолированные без несущего элемента типа "Рассвет" марки СИП-4, СИПс-4, СИПн-4

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | **Область применения:** Для применения в воздушных силовых линиях и осветительных сетях на переменное напряжение до 0,6/1 кВ номинальной частотой 50 Гц. Вид климатического исполнения проводов УХЛ, категория размещения 1, 2 и 3 по ГОСТ 15150-69. |

 Основные технические и эксплуатационные характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение | 0,6/1 кВ |
| Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля | от -50°С до +50°С |
| Относительная влажность воздуха (при температуре до +35 °С) | 98% |
| Минимальная температура прокладки кабеля без предварительного подогрева | -20°С |
| Предельная длительно допустимая рабочая температура жил | 70°С (для СИПс - 90°С) |
| Предельно допустимая температура нагрева жил кабелей в аварийном режиме (или режиме перегрузки) | 80°С (для СИПс -130°С) |
| Максимальная температура нагрева жил при коротком замыкании | 135°С (для СИПс-250°С) |
| Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке | 7,5диам. кабеля |
| Срок службы не менее | 30 лет |
| Гарантийный срок эксплуатации кабеля | 3 года |

|  |  |
| --- | --- |
| провод сип | Алюминиевая токопроводящая жила сечением 16-120 мм2.   1. Изоляция.   **Особенности конструкции:** Все токопроводящие жилы (фазные и нулевая) выполнены из алюминия и имеют равное сечение, число жил в кабеле 2, 3, 4. Кабели могут быть изготовлены с одной или двумя дополнительными жилами освещения. Мы выполняем монтаж сип кабеля. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Марка | Конструкция | Условия эксплуатации |
| СИП-4 | **Изоляция** - термопластичный светостабилизированный полиэтилен | Для воздушных линий электропередач и ответвлений к вводам в жилые дома, хозяйственные постройки в районах с умеренным и холодным климатом, в атмосфере воздуха типов II и III по ГОСТ 15150-69 |
| СИПн-4 | Изоляция -светостабилизированная полимерная композиция, не распространяющая горение |
| СИПс-4 | Изоляция - сшитый светостабилизированный полиэтилен |

**Порядок проведения работы**

Изучить схемы подключения СИП.

Записать основные марки СИП.

Собрать электрическую схему подключения СИП.

**Контрольные вопросы.**

1. Основные преимущества провода СИП.
2. Какие основные марки провода СИП используют.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N3

**Разделка концов кабеля**

**Цель работы**: 1) изучить способы разделки кабеля.

2) приобрести практические навыки по разделке кабеля.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер, плоскогубцы.

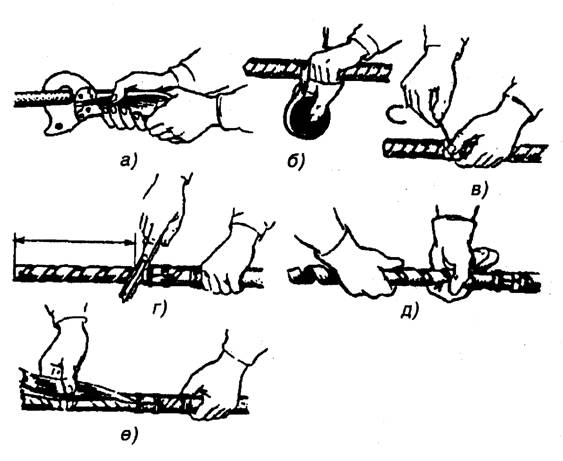
**В результате изучения студент должен:**

- **знать** технологию работ по монтажу воздушных и кабельных линий в соответствии с современными нормативными требованиями;

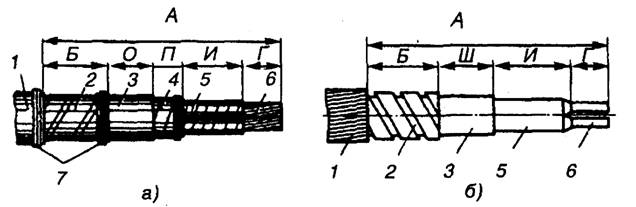
- **уметь** выполнять монтаж воздушных и кабельных линий в соответствии с проектом производства работ, рабочими чертежами, требованиями нормативных документов и техники безопасности.

**Краткие теоретические сведения**

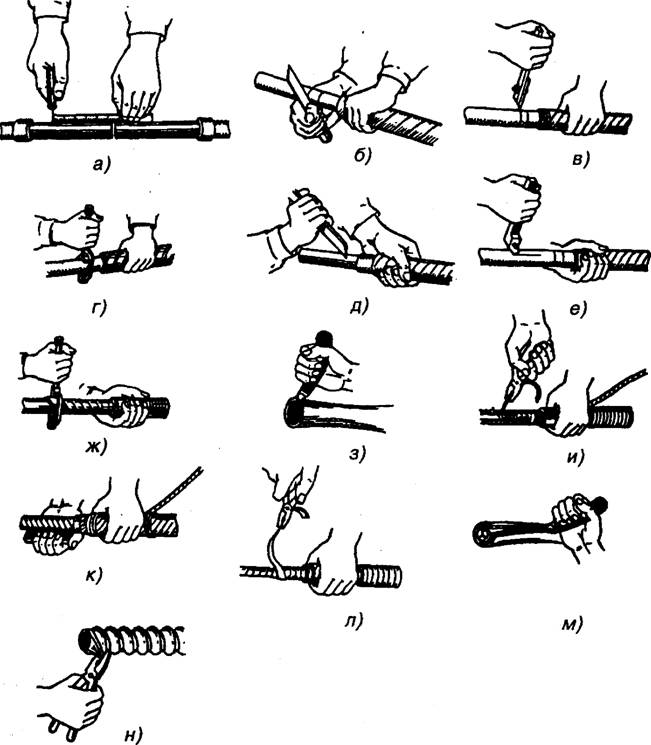
Разделку концов кабелей производят до монтажа муфт и заделок. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана и изоляции кабеля. Размеры разделки определяют по технической документации в зависимости от конструкции кабеля и монтируемой на нем муфты (заделки), напряжения кабеля и сечения его жил.

  
Рисунок 8

Технология резки концов кабелей, наложения бандажей и удаления покровов:  
a — резка конца кабеля ножницами НС; 6 — подмотка из смоляной ленты; в — наложение проволочного бандажа; г — надрезание брони; д, е — удаление брони, пряжи, подушки и кабельной бумаги

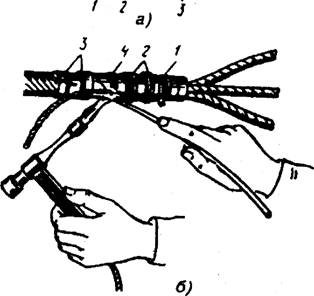
Приступая к разделке конца кабеля, проверяют отсутствие влаги в бумажной изоляции и жилах. При необходимости удаляют имеющуюся влажную изоляцию, лишнюю длину концов, участки под герметизирующими колпачками и концевыми кабельными захватами, а также проходящие через щеки барабанов. Дефектные места кабеля отрезают секторными ножницами НС.  
Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по формуле: А — Б + О + 77+ И+ Г. На конце кабеля отмеряют расстояние А (рис. а) и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту (см. рис. 6) и накладывают бандаж из двух-трех вариантов стальной оцинкованной проволоки вручную или с помощью специального приспособления (клетневки). Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.  
  
Рисунок 9

Разделка концов трехжильного кабеля:  
а — с поясной бумажной изоляцией; б — с пластмассовой изоляцией; 1 — наружный покров; 2 — броня; 3 — оболочка; 4 — поясная изоляция; 5— изоляция жилы; 6 — жила кабеля; 7— бандаж; А, Б, И, О, П, Гн Ш— размеры разделки

Наружный кабельный покров разматывают до установленного бандажа и не срезают, а оставляют его для защиты ступени брони от коррозии после монтажа муфты.  
На броню кабеля на расстоянии Б (50—70 мм) от первого проволочного бандажа накладывают второй бандаж. При монтаже чугунных соединительных и ответвительных муфт и концевых заделок в стальных воронках участок брони используют для уплотнения их горловин, поэтому размер Б увеличивают до 100—160 мм. По внешней кромке второго бандажа бронерезкой или ножовкой надрезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают (см. рис. 7.19, г, д), обламывают и снимают.  
Далее удаляют подушку. Для этого кабельную бумагу и битумный состав подогревают огнем пропановой горелки или паяльной лампы. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом до 35—40° С трансформаторном масле.  
Для удаления оболочки на расстоянии 50—70 мм от среза брони делают кольцевые надрезы. В чугунных муфтах и концевых стальных воронках участок оболочки используют только для присоединения заземляющего проводника, поэтому указанное расстояние уменьшают до 20—25 мм.  
При разметке свинцовых оболочек   кольцевые надрезы на половину глубины выполняют монтерским   или специальным ножом с ограничителем глубины резания. От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого полоску оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют. Оставшуюся часть оболочки раздвигают  и отламывают у второго кольцевого надреза. Между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочка временно остается. Она предохраняет изоляцию от повреждения при изгибе жил.  
  
Рисунок 10

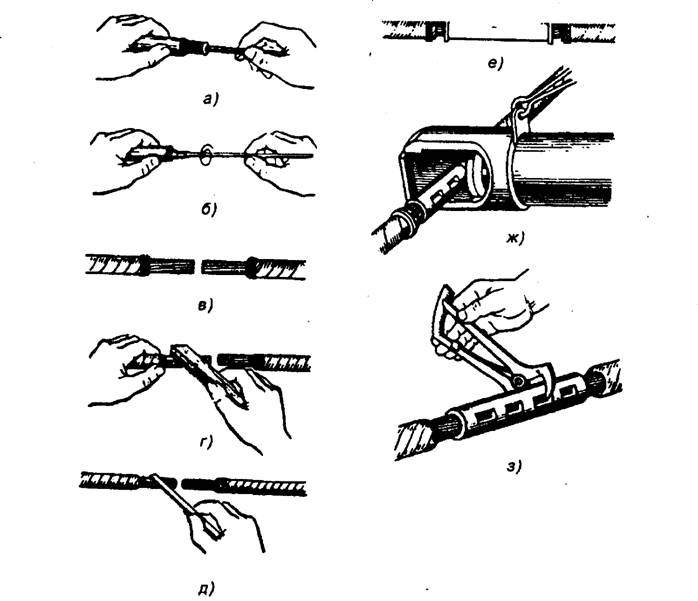
Операции по удалению оболочек кабеля:  
а — разметка; 6, в — круговые надрезы свинцовой оболочки; г — круговые надрезы алюминиевой оболочки; д, е — продольные надрезы свинцовых оболочек; ж — надрез алюминиевой оболочки по винтовой линии; з, м — надрезы пластмассовых оболочек; и, к — снятие свинцовых оболочек; л — снятие алюминиевых оболочек; 11 — удаление гофрированной алюминиевой оболочки

У кабелей с алюминиевой оболочкой надрезы выполняют стальным ножом НКА-1М с режущим диском. От второго кольцевого надреза делают винтовой надрез. Удаление гофрированной алюминиевой оболочки производят после ее надрезания на расстоянии 10—15 мм у выступа гофр. Далее жилы кабеля освобождают от поясной изоляции и постепенно выгибают по шаблону. Затем подготовляют место для присоединения заземления.

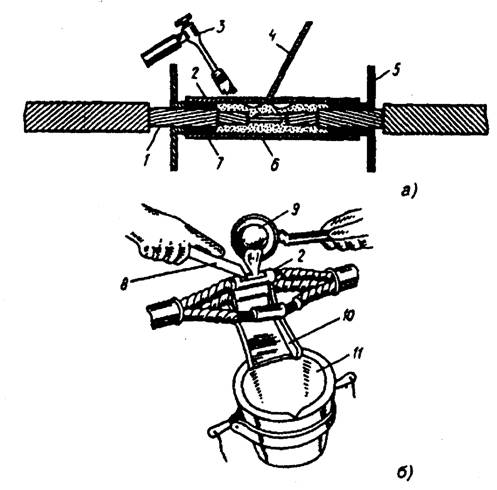
  
Рисунок 11

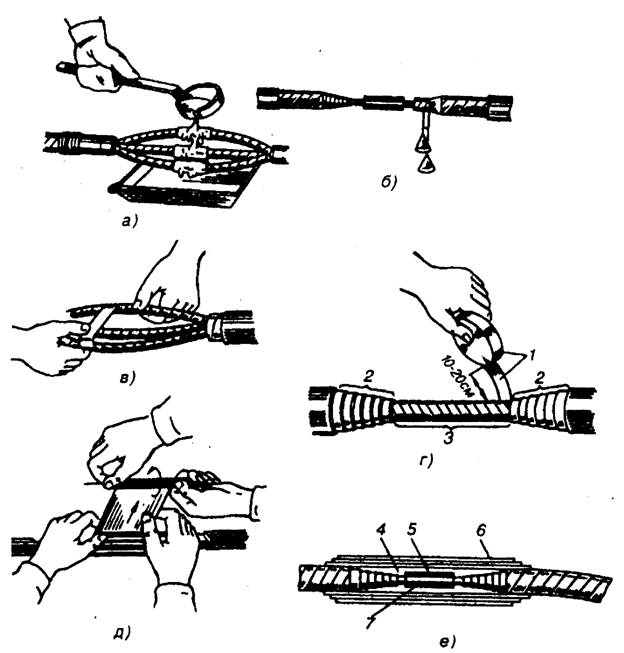
Прикрепление проволочными бандажами проводника заземления к металлической оболочке (а) и припайка к ней (б):  
1,3 — бандаж у торцов оболочки и наружного покрова; 2, 4 бандаж для припайки проводника заземления

Для присоединения жил кабелей к контактным выводам электротехнических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепляемыми на жилах опрессованием, сваркой или пайкой. Оконцевание однопроволочных жил кроме того может быть выполнено формированием наконечника из конца жйлы. Соединение жил кабелей в муфтах выполняют в соединительных и ответвительных гильзах опрессованием, сваркой или пайкой.  
Технология соединения алюминиевых жил опрессованием показана на рис. 7.23, а — з.  
Концы алюминиевых секторных жил перед опрессованием скругляют: многопроволочные — универсальными плоскогубцами, однопроволочные и комбинированные — специальным инструментом ИСК или КС, а также инструментом, входящим в набор НИСО.  
При опрессовании наконечник или гильзу надевают на жилу (жила должна входить в трубчатую часть наконечника до упора, а в гильзе торцы жил должны упираться друг в друга в середине ее), устанавливают в механизм для опрессования, предварительно отводя пуансон.

  
Рисунок 12

Технология соединения алюминиевых жил опрессованием:  
а — зачистка внутренней поверхности гильзы; б — смазка внутренней поверхности гильзы; в - концы жил со снятой изоляцией; г — зачистка концов жил; д — смазка жил кварцевовазели- новой пастой; е — надевание гильзы на жилы; ж — опрессование жилы; з — измерение остаточной толщины в месте опрессования

Операции соединения и ответвления непосредственным сплавлением припоем обработанных концов жил показаны на рис.   а. В формы (гильзы) 2 жилы 1 вводят так, чтобы их стык находился в середине формы (для жил со срезанными под углом 55° концами зазор между торцами оставляют около 2 мм). Разъемные формы скрепляют бандажами или замками, а зазоры между жилой и формой уплотняют асбестовым шнуром 7. Для более полной заливки припоем формы располагают в горизонтальном положении, на жилы надевают защитные экраны 5. При соединении жил сечением 120—240 мм2 дополнительно устанавливают охладители.  
  
Рисунок 13

Технология соединения многопроволочных алюминиевых жил пайкой:  
а — сплавление припоем; б — способом полива  
Форму (гильзу) нагревают пламенем горелки 5. Одновременно вводят в пламя палочку припоя 4, расплав 6 которого перемешивают мешалкой 8 до полного заполнения формы и удаления шлаков. После этого нагрев прекращают. Легким постукиванием по форме уплотняют припой.  
Тигель И (рис. 7.24, б), при пайке поливом из ковшика 9 предварительно расплавленным припоем, устанавливают на некотором расстоянии, чтобы исключить дополнительный нагрев изоляции жил. Между тигелем и местом пайки размещают лоток 10, по которому будут стекать излишки (лоток не должен касаться изоляции жил).  
Технология изолирования мест соединения и оконцевания жил кабелей бумажными роликами и рулонами показана на рис.   а — е. После соединения жил бумажную изоляцию промывают разогретым до 120—130° С пропиточным составом. Затем снимают с изоляции жил верхние расцветочные ленты: изоляцию разделывают ступенями на участке длиной 16 мм — для кабелей напряжением 6 кВ и 24 мм — для кабелей на 10 кВ. Ширина каждой ступени составляет 8 мм, на каждой ступени обрывают восемь лент бумажной изоляции.  
Далее изоляцию кабеля повторно промывают разогретым до 120—130° С пропиточным составом.  
  
Рисунок 14

Технология изолирования мест соединения кабеля и оконцевания;  
а — промывание гильз и бумажной изоляции разогретым составом МП; б— ступенчатая разделка бумажной изоляции в месте соединения жил; в — положение ролика и ленты при намотке; г — положение ролика и ленты в начале намотки второго слоя; наложение рулонной подмотки; е — комбинированная изоляция, выполненная бумажными роликами и рулонами; I — положение ролика и ленты при повороте; 2— ступени разделки заводской изоляции жил; 3 — слой подмотанной изоляции;  5 — подмотка бумажными роликами с шириной ленты соответственно 5 и 10 мм; б — подмотка бумажными роликами; 7 — соединительная гильза  
Восстановление изоляции оголенных участков жил выполняют роликами шириной 5 мм (подмотку делают до внешней поверхности соединительной гильзы или заводской изоляции в зависимости от того, что имеет меньший диаметр). Дальнейшее изолирование осуществляют роликами шириной 10 мм. Периодически в процессе подмотки изолируемые жилы прошпаривают разогретым до 120— 130° С пропиточным составом МП. Дальнейшее изолирование выполняют цилиндрическими рулонами шириной до 300 мм в зависимости от марки муфты.

**Порядок проведения работы**

Изучить способы разделки концов кабеля.

Записать последовательность соединения кабелей.

Выполнить разделку кабеля.

Выполнить соединение кабеля различными методами.

**Контрольные вопросы**

1. Как выполняют разделку кабеля?

2. Какие способы соединения кабеля существуют?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N4

**Монтаж КРУ 6-10 кВ**

**Цель работы**: 1) получение навыков монтажа электрооборудования по монтажным чертежам;

2) изучить оборудование КРУ .

**Приборы и инструмент**: отвертка, паяльник, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** требования приемки строительной части под монтаж линий;

- **уметь** осуществлять выбор токоведущей части на разных уровнях напряжения.

**Краткие теоретические сведения**

     КРУ предназначены для работы в сетях трехфазного переменного тока с номинальным напряжением 6 и 10 кВ.

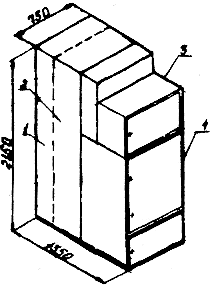


Рисунок 15 Шкаф КРУ серии КМ-1Ф:

1 - отсек линейных шин, трансформаторов тока и кабельных разделок; 2 - отсек сборных шин и отпаек сборных шин; 3 - шкаф релейный; 4 - отсек выдвижных элементов

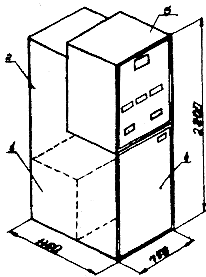


Рисунок 18 Шкаф КРУ серии К-104:

1 - отсек сборных шин; 2 - отсек линейных шин; 3 - шкаф релейный; 4 - отсек выдвижных элементов

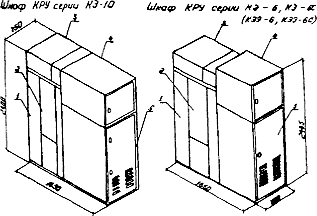


Рисунок 19 Шкаф КРУ серии КЭ-6, КЭ-6С (КЭЭ-6, КЭЭ-6С) и сери КЭ-10:

1 - отсек отпаек сборных шин; 2 - отсек линейных шин, трансформаторов тока и кабельных разделок; 3 - отсек сборных шин; 4 - шкаф релейный; 5 - отсек выдвижных элементов

     К началу монтажных работ должны быть выполнены:

     строительная часть ЗРУ, включая отделочные работы с обеспечением необходимых проемов для нормальной подачи шкафов;

          кабельные каналы и проемы в полу для кабелей;

          силовая сеть 380/220/12 В;

          заземляющее устройство и электроосвещение;

          подъезды к ЗРУ.

     Стены и потолки ЗРУ должны быть оштукатурены и побелены. Конструкция полов должна исключать образование цементной пыли.

      Полы коридоров не должны иметь порогов и уступов. Кабельные каналы закрыты несгораемыми плитами.

     Шкафы КРУ поставляются преимущественно блоками из трех шкафов с расположением шкафов в соответствии со схемой заполнения КРУ и выполненными электрическими соединениями в пределах блока.

     Выдвижные элементы могут находиться в шкафу или отдельном ящике. Во избежание поломок ящиков при подъеме краном необходимо, чтобы стропы образовывали с горизонтальной плоскостью крышки ящика угол не менее 45°. Стропить за места, указанные на ящиках.

     Шкафы нельзя подвергать толчкам и ударам, перемещать только в вертикальном положении.

     При получении шкафов КРУ необходимо проверить наличие полного комплекта поставки, количество мест, состояние упаковки, сохранность груза. Обнаруженные повреждения и некомплектность поставки оформляются актом.

     Шкафы могут храниться под навесом в упаковке завода-изготовителя или без нее - в закрытых вентилируемых помещениях.

     Распаковку шкафов и комплектующих изделий необходимо производить с учетом последовательности сборки и монтажа КРУ, обеспечив условия, предотвращающие увлажнение оборудования.

     В зависимости от директивных сроков монтажа КРУ, наличия и возможностей мастерских, шкафы могут монтироваться непосредственно в помещении КРУ или, в отдельных случаях, с предварительной обработкой в мастерской (установка на раму трех-пяти шкафов в соответствии со схемой заполнения КРУ, ревизия и наладка комплектующего оборудования).

Подготовительные работы

     Производится ознакомление со строительной частью помещения, чертежами проекта и технической документацией завода, поставляемой со шкафами.

     Производится приемка от строителей помещения под шкафы КРУ. Проверяют соответствие проекту опорных металлоконструкций под шкафы, проемов для силовых и контрольных кабелей. Приемка оформляется актом, подписанным представителями заказчика, строительной и электромонтажной организацией.

     Подготавливается площадка для разгрузки, размещения и распаковки доставляемых шкафов КРУ и работы автокрана (рис.4). Доставляются монтажные механизмы, оборудование, инвентарные устройства и размещаются на площадке.

 Шкафы распаковываются. Расконсервируются узлы и детали. Производится приемка шкафов в монтаж.

     Монтаж шкафов

     Освобождают от транспортного крепления выдвижные элементы и поворотные панели релейных шкафов. Выкатывают выдвижные элементы.

     Подъем шкафов в зависимости от типа производят с помощью стропов или подъемных приспособлений в соответствии с рис.5. С помощью катков, приспособлений, приведенных на рис.6-8, перемещают и устанавливают крайний шкаф. Проверяют правильность его установки с помощью отвеса и уровня. При необходимости выравнивают с помощью металлических прокладок толщиной 2 мм. При этом должна исключаться всякая деформация днища, так как это может привести к нарушению регулировок узлов и механизмов в шкафу.

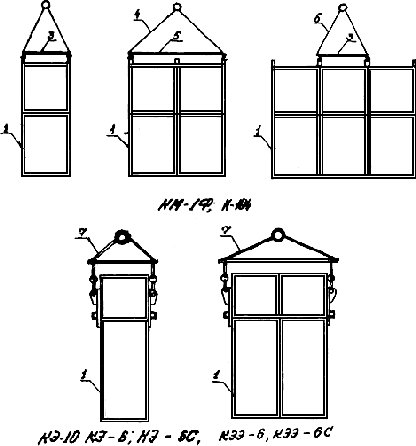


Рисунок 20 Схема строповки шкафов КМ-1Ф, К-104, КЭ-10, КЭ-6, КЭ-6С, КЭЭ-6, КЭЭ-6С:

1 - шкаф КРУ; 2 - строп 4СК1-2,0/Рт1-1,0/К-0,8/1500; 3 - труба стальная водогазопроводная с условным проходом 40 мм длиной 750-1350 мм; 4 - строп 4СК1-3,2/Рт1-1,6/К-1,25/3000; 5 - труба стальная водогазопроводная с условным проходом 40 мм, длиной 1500-2700 мм; 6 - строп 4СК1-6,3/Рт1-3,2/К-2,5/1600; 7 - подъемное приспособление (кронштейн с траверсой)

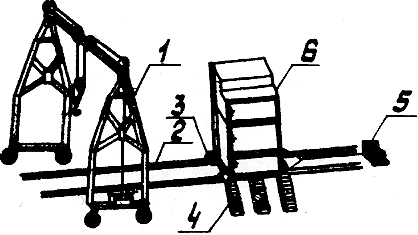


Рисунок 21 Комплекс механизмов КМБ:

1 - кран; 2 - направляющие (швеллер); 3 - платформа такелажная; 4 - рольганг; 5 - лебедка; 6 - шкаф КРУ

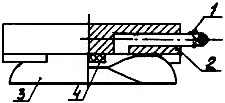


Рисунок 22 Опора на воздушной подушке ОВП-1,6:

1 - устройство подачи распределения воздуха; 2 - грузонесущее основание; 3 - гибкая оболочка; 4 - опорное ограничительное устройство

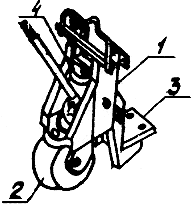


Рисунок 23 Поворотная опора ОП-9:

1 – рама; 2 – колесо; 3 – подъемная лапа; 4 – гидравлический домкрат

     Устанавливают последующие шкафы так, чтобы совпадали отверстия в боковых отсеках шкафов и отверстия в сборных шинах и линейных шинах для шкафов с выводами сбоку.

     Проверяют правильность установки секции – отсутствие качания или перекоса шкафов. Соединяют шкафы между собой болтами, не допуская перекосов и повторно проверяют правильность их установки (нахождение верхних кромок дверей всех шкафов на одной линии и фасадных частей шкафов в одной плоскости). Соединение начинают с нижних болтов. Проверяют соосность втычных контактов шкафов и выкатных элементов.

     Шкафы закрепляют к закладным конструкциям. Сварку в зависимости от типа шкафа производят в трех-четырех местах швом длиной 100 мм, катетом 4-5 мм (в соответствии с указанием заводской инструкции).

     Монтируют шкафы токопроводов для вводов и шинного моста (при двухрядном расположении шкафов) полностью собранными или укрупненными блоками. Фиксируют их с помощью элементов подвески к строительным конструкциям. Подъем производят с помощью ручных рычажных лебедок или электропогрузчика (при компоновке, позволяющей его использовать). Заземляют эти шкафы на шкафы КРУ, секции токопроводов между собой соединяют шинами заземления.

     Контактные поверхности отпаек и линейных шин промывают бензином-растворителем и смазывают тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201.

     Запрещается зачистка контактных поверхностей, имеющих покрытие.

     Производят монтаж сборных и линейных шин, шинного моста при двухрядном расположении шкафов. Установку сборных шин начинают с нижней фазы «С», закрепляют их в шинодержателях и присоединяют к ним отпайки в последовательности, удобной для монтажа. При соединении шин избегают перекосов опасных для изоляторов и поддерживающих изоляционных клиц. При длине сборных шин более 20 м в один из шкафов встраивают температурный компенсатор примерно в середине ряда. Производят монтаж магистральных шинок вспомогательных цепей.

     Окончательную затяжку болтов контактных соединений производят после установки сборных шин на всей секции КРУ. Тупиковые концы сборных шин должны надежно крепиться в изоляционных клицах.

     Болтовые соединения после затяжки закрывают изоляционными коробками, предусмотренными заводом.

     Производят подготовку к работе комплектующего шкафа оборудования: выключателей, трансформаторов собственных нужд, разрядников и т.д. в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей этого оборудования.

     Проверяют целостность фарфоровой и пластмассовой изоляций, протирают бязью, смоченной в бензине-растворителе. Контактные части ножей и розеток также протирают бязью, смоченной в бензине-растворителе и смазывают смазкой ЦИАТИМ-201.

     Производят тщательный осмотр всех элементов шкафов, подтягивают все крепежные болтовые соединения, контактные соединения ошиновки первичных цепей, а также винты в зажимах, блок-контактах и других элементах вторичных цепей.

**Порядок проведения работы**.

Изучить различные виды шкафов КРУ.

Изучить операции монтажа шкафов КРУ.

Записать последовательно монтажа шкафов КРУ

**Контрольные вопросы**.

1. Какая аппаратура находится в шкафах КРУ.
2. Какова последовательность монтажа шкафов КРУ?
3. Какие подготовительные работы необходимо выполнить перед монтажом шкафов КРУ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N5

**Монтаж коммутационной аппаратуры ОРУ**

**Цель работы**: 1) изучить коммутационную аппаратуру ОРУ;

2) получить практический навык монтажа коммутационной аппаратуры ОРУ

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** требования приемки строительной части под монтаж линий;

- **уметь** осуществлять выбор токоведущей части на разных уровнях напряжения.

**Краткие теоретические сведения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Основными коммутационными аппаратами ОРУ 110 — 220 кВ являются разъединители и быстродействующие выключатели, масляные или воздушные. В масляных выключателях гашение дуги при разрыве электрической цепи происходит в среде изоляционного масла, а управление выключателем осуществляется с помощью электромагнитных, пневматических или двигательных приводов.  В воздушных выключателях гашение дуги при отключении, а также управление выключателем производятся сжатым воздухом.  К коммутационной аппаратуре относятся также короткозамыкатели и отделители, применяемые на подстанциях, не имеющих выключателя на вводе.  Для заземления нейтрали силовых трансформаторов используются аппараты специального  назначения — заземлители.  РАЗЪЕДИНИТЕЛИ, КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ, ОТДЕЛИТЕЛИ И ЗАЗЕМЛИТЕЛИ.  Разъединители предназначаются для отключения или включения участков электрической цепи при отсутствии нагрузочного тока.  В большинстве случаев на ОРУ  110 — 220 кВ устанавливаются разъединители рубящего типа с движением ножей в горизонтальной плоскости (РЛНЗ, РЛНД, РОНЗ). разъединитель РЛНД-110-2 Рисунок 24 Разъединитель опорного типа РЛНД-110-2. 1 — гибкая связь; 2 — контактный вывод; 3 — изолятор; 4 — основание; 5 — рама; 6 —механизм заземляющих ножей; 7 — вал к приводу; 8 — шкаф управления; 9   —  привод; 10 - тяга; 11 —  заземляющий нож; 12 — внутриполюсная тяга; 13 — полунож; 14 — контактная плита; 15 — экран.  Разъединители 110 — 220 кВ, устанавливаемые на отходящих от ОРУ линиях электропередачи, а также меж. секционные и шиносоединительные имеют дополнительные заземляющие ножи с ручным приводом. Шинные разъединители внутри ячеек ОРУ заземляющих ножей не имеют.  Опорные колонки для разъединителей типа РЛНЗ собираются из отдельных штыревых изоляторов: на 110 кВ из трех изоляторов типа ШТ-35; на 220 кВ — из пяти изоляторов типа ШД-35. Колонки разъединителей типа РОНЗ выполнены из стержневых изоляторов. Разъединители типа РЛНД двухколонковые (два стержневых изолятора типа СТ-110).  Таблица 2   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Тип аппарата | Номинальные | | Масса полюса, кг | Тип привода | | напряжение, кВ | ток, А | | РЛНД-100 | 110 | 1600, 1000 | 165 | ПРН-110М, | |  |  |  |  | ПРН-220М | | РЛНО-110М | 110 | 600, 1000 | 209 | ПДН-1, | |  |  |  |  | ПРН-110 | | РНДЗ-110У | 110 | 1000, 2000 | 394 | ПРН-220М |   Примечание. Условные обозначения: Р— разъединитель; Н — наружной установки; О — отдельные полюсы: Ц— двухколоиковый; Л — с линейными контактами П— специальная передача к приводу; У—с усиленной изоляцией; 3—  с заземляющими ножами.  Основные технические данные разъединителей приведены в табл. 12, сведения об изоляторах ШТ, ИШЛ СТ — в табл. 14. На месте монтажа производится сборка трехфазной разъединителя из трех отдельных полюсов (фаз) с соединением их металлическими тягами (газовые трубы диаметром 25, 30, 40 мм).  Разъединители 220 кВ значительно сложнее по устройству, имеют большие габариты и большую массу отдельных частей и деталей, поэтому монтаж их являете более сложным. Рассмотрим в качестве примера монтажа разъединителя типа РОНЗ-220/2000.  Разъединители этого типа поступают с завода-изготовителя отдельными полюсами (девять отдельных мест), на время транспортировки главные и заземляющие ножи, изоляторы, экраны, противовесы, а также передаточные коробки механизмов демонтируются. Затем верхние изоляторы колонок с главными ножами и токоведущими контактами закрепляются на основании (раме) соответствующего полюса и упаковываются в деревянную обрешетку.  Перед монтажом все детали разъединителя, включая привод, тщательно осматриваются для выявления и устранения мелких дефектов. Доставка частей разъединителя к месту установки производится на автомашинах, санях или стальных листах. Разгрузка и монтаж выполняются с помощью самоходного крана грузоподъемностью 5—7 т со стрелой длиной 12 м. Основное монтируемое оборудование, а также необходимые для монтажа приспособления размещаются в рабочей зоне, как указано на рис. 17.  Монтаж разъединителя начинается с установки металлических конструкций (опорных плит, продольных и поперечных швеллеров) на железобетонные стойки фундамента. Опорные плиты крепятся болтами, а затем на них укладываются швеллеры. После выверки соответствия положения опорных швеллеров горизонтальным отметкам и осям разъединителя они закрепляются окончательно электросваркой. Одновременно устанавливаются и закрепляются опорные конструкции под привод. При распаковке ящиков с деталями производятся протирка и очистка изоляторов колонок от загрязнений и пыли.  Размещение оборудования при монтаже разъединителя РОНЗ-220/2000  Рисунок 25 Размещение оборудования при монтаже разъединителя РОНЗ-220/2000. 1 — полюс разъединителя: 2 — опорная конструкция; 3 — автокран; 4 - привод: 5 — сварочный аппарат; 6 — место разгрузки; 7 — деревянный брус: В — стальной строп.  Изоляторы тщательно осматриваются для выявления возможных дефектов (сколы, трещины, повреждение армировки и др.).Установленные на время транспортировки на цоколе  каждого полюса (фазы) верхние изоляторы с главными ножами снимаются. Далее на цоколях устанавливаются опорные и поворотные колонки, верхние головки с поворотными контактами и механизмом главных ножей, экранирующие кольца и сами главные ножи с противовесами.  Подмости инвентарные Рисунок 26 Подмости инвентарные трубчатые сборно-разборные.  Сборка каждой колонки, состоящей из пяти опорных  изоляторов, производится на земле в горизонтальном положении, после чего колонки автокраном устанавливаются на цоколь полюса.  После окончания сборки отдельных полюсов (фаз вокруг опорной конструкции разъединителя устанавливаются сборно-разборные металлические леса (рис. 18). Затем производится установка на место всех трех полюсов разъединителя, выполняемая в определенной последовательности.  При строповке полюсов разъединителя в местах касания строп к изоляторам подкладываются деревянные бруски. Во время установки полюсов на место производится выравнивание по отвесу опорных и поворотных колонок путем подбивки под фланцы изоляторов стальных прокладок. Схема сборки полюсов разъединителя Рисунок 27 Схема сборки полюсов разъединителя. 1 — цоколь полюса; 2 — опорный изолятор; 3 — механизм поворотного контакта; 4 — главный нож; 5 — механизм главного ножа: 6 — противовес; 7 — экранирующее кольцо; 8 — контакт ножа заземления; 9 — крюк автокрана: 10 — строп.  Далее выполняется проверка и регулировка главных ножей и их связей с поворотными контактами, что осуществляется путем: а) смещения изоляторов в поворотных колонках;  б)        регулировки длины труб главного ножа; в)        регулировки длины тяги в головке ножа. После окончания регулировки схемы механизм (рис. 20) производится соединение валов поворотных колонок 2 с валом передаточной колонки 10. Для этого необходимо включить главный нож 3 ведущего полюса установить его в горизонтальном положении до упор концевого зажима в лопатку контакта, которая при этом должна быть перпендикулярна трубам ножа.  Кинематическая схема механизма разъединителя Рисунок 28 Кинематическая схема механизма разъединителя. 1, 1 — поворотные колонки; 3 — главный нож; 4 — головка механизма; 5 — регулирующая тяга; 6 — эксцентрические втулки: 7—9— соединительные тяги. 10 — передаточная коробка; 11 — электропривод; 12 — регулирующий болт; 13 — головка главного ножа; 14 — рычаг поворотной колонки.  В это время передаточная коробка 10 находится во включенном положении. Соединив поворотные колонки с передаточной коробкой тягами, закрепляют привод, причем оси валов привода и коробки должны лежать на одной вертикали. Соединение валов осуществляется муфтой из стальной цельнотянутой трубы диаметром 35 мм с помощью электросварки.  Между рычагами поворотных колонок и рычагами передаточной коробки 10 устанавливаются соединительные тяги 7, 8 и 9.  Далее производится общая проверка: а)        правильности регулировки включения главных ножей разъединителя; б)        одновременности включения ножей; в)        угла раскрытия путем 3 — 5-кратного включения и отключения разъединителя вручную. При этом дополнительная регулировка осуществляется изменением длин регулирующих тяг 5.  В случае несовпадения углов раскрытия ножей регулировка достигается поворотом междуполюсных тяг вокруг осей эксцентриковых втулок 6. Регулировка установки лопаток поворотного контакта производится изменением длин рабочего плеча рычагов колонки с помощью имеющихся там эксцентричных пальцев.  После завершения регулировки главных ножей разъединителя устанавливаются: все заземляющие ножи; соединительные тяги заземляющих ножей; противовесы на соединительных тягах; приводные тяги и соединение с приводом.  Установленные заземляющие ,ножи с приводными соединительными тягами к ним регулируются на включение и отключение путем перемещения ножа и его основания или же перемещения заземляющего контакта на экранирующем кольце.  Окончательное положение ножей фиксируется стопорными болтами. Полностью собранный (рис. 29) и отрегулированный разъединитель опробуется от электропривода путем 3 — 5-кратного включения и отключения. Одновременно производится регулировка блок-контактов электропривода. После опробования всей системы все шарнирные соединения механизмов смазываются специальной консистентной смазкой ЦИАТИМ-201 с добавкой графита (10% по Массе). Контактные части разъединителя покрываются той же смазкой, но без графита.  Разъединитель РОНЗ-220/2000 Рисунок 29 Разъединитель РОНЗ-220/2000 в сборе. 1 —  головка с механизмом ножа; 2 —экран; 3 — противовес; 4 — цоколь полюса; 5— противовес заземлителя; 6  опорные изоляторы; 7 — привод; 8 — нож контактный; 9 — головка с механизмом контакта; 10 — изолятор; 11 —  нож заземления.  Для подготовки аппарата к работе все изоляторы протираются смоченной в бензине тряпкой, после чего удаляются вспомогательные леса и подмости, а также убираются оставшиеся детали и мусор. Монтаж разъединителей 110 кВ выполняется в том же порядке, что и для описанного выше разъединителя 220 кВ. Работы по монтажу разъединителей 110 кВ значительно упрощаются, так как они поступают на монтаж в более укомплектованном виде. В большинстве случаев на строительство приходят или упакованные в ящики отдельные готовые полюсы или же полюсы, у которых сняты верхние изоляторы вместе с рабочими ножами (разъединители типов РОНЗ и РЛНЗ). В кратких чертах монтаж разъединителя 110 кВ типа РЛНД-2-100/1000 сводится к следующему: а)        подготовленные, как описано выше, полюсы разъединителя при помощи автокрана устанавливаются на тщательно выверенную опорную конструкцию. После установки всех трех полюсов производится выравнивание их по отвесу с последующим закреплением.  В случаях необходимости под основания полюсов ставятся стальные прокладки.  После установки и закрепления полюсов производится их пробное включение для проверки зазоров между торцами полуножей, причем зазор не должен превышать 3 мм. Уменьшение зазора достигается установкой дополнительных прокладок (из кровельной стали) под изоляторами колонки; б)        выверенные полюсы соединяются тягами из газовых труб диаметром 25 мм, после чего их опробуют совместно. При этом оси полуножей должны заходить через среднее положение (на середине полюса) один за другой на 5 мм. Регулировка осуществляется изменением длины внутриполюсных тяг; в)        устанавливается и закрепляется привод, а также промежуточная передача, для чего служит изготовленная из газовой трубы соединительная тяга. Эта тяга приваривается к наконечникам вилок механизма; г)         изменением длины тяг регулируется правильность сборки всей системы передачи и работы привода. После регулировки и наладки механизма все шарнирные соединения смазываются смазкой ЦИАТИМ и выполняется несколько пробных включений и отключений.  Ввиду значительно меньшей массы деталей разъединителей 110 кВ для их монтажа могут быть использованы автокраны грузоподъемностью до 3 т или облегченные монтажные краны на 700 — 800 кг (с электроприводом). Все остальные монтажные работы, а также подготовка разъединителя к сдаче в эксплуатацию аналогичны описанному выше.  В последнее время, учитывая наличие в большинстве монтажных предприятий хороших монтажно-заготовительных мастерских, а также достаточно оснащенных участковых мастерских (на крупных объектах), следует рекомендовать внедрение индустриализации работ путем выполнения ревизии и укрупнительной сборки отдельных полюсов, приводов, систем управления централизованно в теплых закрытых помещениях. В этом случае работы в монтажной зоне сводятся к установке готовых блоков на фундамент и к последующей монтажной сборке с общей регулировкой системы управления разъединителем.При этом методе трудозатраты на месте работ значительно сокращаются (до 50%). |

**Порядок проведения работы**.

Изучить коммутационную аппаратуру ОРУ.

Изучить операции монтажа коммутационную аппаратуру ОРУ.

Записать последовательно монтажа коммутационную аппаратуру ОРУ.

**Контрольные вопросы.**

1. Назовите коммутационную аппаратуру ОРУ?
2. Как проводят монтаж коммутационной аппаратуры ОРУ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N6

**Снятие вольт амперной характеристики ограничителя напряжения**

**Цель работы**: 1) Ознакомить со схемой включения ограничителя напряжения.

2) снять вольтамперную характеристику.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** требования приемки строительной части под монтаж линий;

- **уметь** осуществлять выбор токоведущей части на разных уровнях напряжения.

**Краткие теоретические сведения**

Программа работы:

а) убеждаемся, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания, перечень устройств представлен в таблице 3

б) соединяем гнёзда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трёхфазного источника питания А1

в) соединяем аппаратуру в соответствии с монтажной схемой представленной на рисунке 11

Таблица 3 – Перечень устройств

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
| G1 | Однофазный источник питания | 218 | ~ 220 В/16 А |
| A1 | Регулируемый автотрансформатор | 318.1 | ~ 0…240 В/2 А |
| A18 | Блок предохранителей и ограничителей перенапряжений | 374 | 3 предохранителя 1А (длина 15, 20, 30мм) 3 варистора (Кл. напряжение 180, 220, 220В; диаметр 7, 7, 14мм) |
| Р1 | Блок мультиметров | 508.2 | 3 мультиметра  ~ 0…1000В /  ~ 0…10А /  0…20МОм |

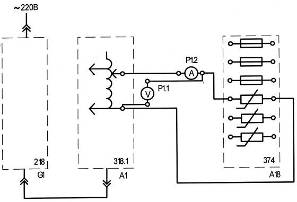


Рисунок 30 – Монтажная схема

**Порядок проведения работы**.

а) убеждаемся, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания

б) соединяем гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" автотрансформатора А1

в) соединяем аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений

г) поворачиваем регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение

д) включаем автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1

е) включаем выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора А1 и блока мультиметров Р1

ж) активизируем используемые мультиметры Р1.1 и Р1.2

з) вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1, увеличиваем напряжение U, приложенное к ограничителю перенапряжений в блоке А18, и заносим показания вольтметра Р1.1 (напряжение U на ограничителе перенапряжений) в таблицу 4. Ток I при этом не должен превышать 1мА для ограничителей перенапряжений RU1, RU2 и 2мА для RU3.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, B |  | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| I, мA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |

к) отключаем выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора А1 и блока мультиметров Р1

л) используя данные таблицы 4, построим искомую вольтамперную характеристику U=f(I) ограничителя перенапряжений

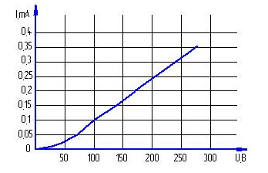


Рисунок 31 – Вольтамперная характеристика

**Контрольные вопросы.**

1. Как выполняют снятие вольтамперной характеристики?
2. Какие приборы используются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N7

**Определение индуктивного сопротивления сдвоенного реактора**

**Цель работы**: 1) Ознакомить со схемой включения сдвоенного реактора.

2) определить индуктивное сопротивление.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** основные методы расчета и условия выбора электрических сетей;

- **уметь** выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей.

**Краткие теоретические сведения**

Стремление к уменьшению потерь напряжения на реакторе в номинальном режиме, к упрощению и удешевлению распределительных устройств привело к созданию сдвоенных реакторов. При обычных реакторах каждая отходящая линия имеет свой реактор, рассчитанный на номинальный ток линии. Каждая трехфазная группа реакторов размещается в специальной ячейке распредустройства. В сдвоенных реакторах реакторы соседних ветвей сближены так, что между ними существует сильная магнитная связь. Совмещение в одном реакторе двух уменьшает габариты аппарата, удешевляет и упрощает распредустройство.

Основные параметры сдвоенного реактора:  
1) номинальный длительный ток каждой ветви;  
2) индуктивное сопротивление (в процентах) одной ветви (при отсутствии тока в другой)  
3) коэффициент связи  
4) электродинамическая стойкость каждой ветви, определяется усилиями, возникающими между витками каждой ветви и между ветвями соседних фаз (при двух- и трехфазных КЗ). При одновременном КЗ на обеих ветвях одного реактора возникают усилия, разрывающие реактор, так как токи в ветвях направлены встречно. Обычно динамическая стойкость при таких повреждениях в 2—3 раза меньше, чем при КЗ в одной ветви;  
5) термическая стойкость одной ветви.

а) убеждаемся, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания, перечень устройств представлен в таблице 9

б) соединяем гнёзда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трёхфазного источника питания А1

в) соединяем аппаратуру в соответствии с монтажными схемами представленными на рисунке 32, 33, 34

Таблица 5 - Перечень устройств

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
| G1 | Однофазный источник питания | 218 | ~ 220 В/16 А |
| A1 | Регулируемый автотрансформатор | 318.1 | ~ 0…240 В/2 А |
| A4 | Однофазный трансформатор | 372 | 120 ВА/ 220/24В |
| А6 | Сдвоенный реактор | 373 | ~ 220 В/2x5 А /0,005Гн |
| А20 | Реостат | 323.3 | 20О м/1,0 А |
| Р1 | Блок мультиметров | 508.2 | 3 мультиметра  ~ 0…1000 В/  ~ 0…10 А/  0…20МОм |

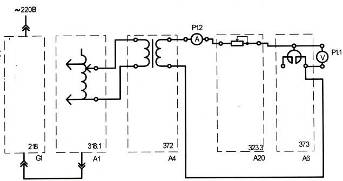
****

Рисунок 32 - Монтажная схема

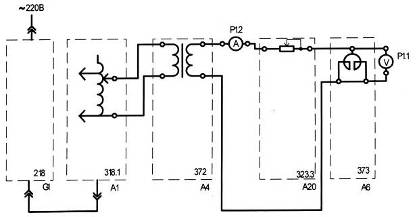
****

Рисунок 33 - Монтажная схема

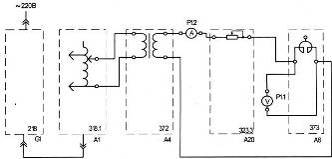
****

Рисунок 34 - Монтажная схема

**Порядок проведения работы**.

а) убеждаемся, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания

б) соединяем гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" автотрансформатора А1

в) соединяем аппаратуру в соответствии с монтажной схемой представленной на рисунке 32 (для определения индуктивного сопротивления реактора А6 без учета взаимной индуктивности) или 33 (для определения индуктивного сопротивления реактора А6 с учетом взаимной индуктивности) или 34 (для определения сквозного индуктивного сопротивления реактора А6)

г) поворачиваем регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение

д) устанавливаем сопротивление реостата А20 равным 20 Ом

е) включаем автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1

ж) включаем выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1

з) активизируем используемые мультиметры Р1.1 и Р1.2

и) вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, устанавливаем и зафиксируем (с помощью амперметра Р1.2) ток I реактора, равным, например 0,5 А (но не более 1 А)

к) зафиксируем с помощью вольтметра Р1.1 напряжение U

л) отключаем выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора А1

м) с помощью третьего мультиметра блока Р1 измеряем омическое сопротивление R реактора А6

н) отключаем автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1

о) отключаем выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров Р1

п) вычисляем полное сопротивление реактора Z, Ом, по формуле:

Z=U/I (2)

где U - напряжение реактора, В

I - ток реактора, А

Z=0.11/0.5=0.22 Ом

р) вычисляем индуктивное сопротивление реактора X, Ом, по формуле

X=(Z² - R²)½. (3)

где Z - полное сопротивление реактора, Ом

R - омическое сопротивление реактора, Ом

X=(0.22²-0.9²)½=0.381 Ом

**Контрольные вопросы.**

1. Основные параметры сдвоенного реактора ?
2. Как выполняют расчет индуктивного сопротивления сдвоенного ректора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N8

**Наладка оборудования КРУ**

**Цель работы**: 1) Ознакомить с устройством оборудования КРУ.

2) выполнить наладку оборудования КРУ.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

- **знать** методы наладки устройств воздушных и кабельных линий;

- **уметь** выполнять работы по проверке и настройке устройств воздушных и кабельных линий.

**Краткие теоретические сведения**

Испытания комплектующего КРУ оборудования - масляных выключателей, выключателей нагрузки, разъединителей, измерительных трансформаторов,

разрядников и т.д. производятся по соответствующим методам и нормам.

Проверка механизма доводки и блокировки производится в рабочем и

испытательном положении. При попытке вывода тележки из закрепленного

положения с включенным выключателем последний должен отключаться.

Отключение выключателя должно происходить раньше перемещения тележки,

вызывающего размыкание первичных разъединяющих контактов.

Проверка действия защитных шторок, обеспечивающих безопасность при

производстве ремонтных работ, производится выдвижением тележки в ремонтное

положение. При этом шторки под действием собственной массы должны закрывать

окна. При вкатывании тележки шторки должны автоматически подниматься,

открывая окна для прохода подвижных контактов первичной цепи.

Проверка работы механических блокировок производится многократным

(четыре-пять) вкатыванием тележки. При этом не должно быть перекосов и

заеданий.

Измерение переходного сопротивления первичных разъединяющих контактов

вторичных цепей производятся при помощи двойного моста, микроомметра или по

методу амперметра-вольтметра. Если шкафы КРУ установлены прислонно к стенке

и доступ к неподвижным контактам затруднен, измерение переходных

сопротивлений производится на тележке с помощью вспомогательной медной

пластины толщиной 8-9 мм или запасного неподвижного контакта.

Переходное сопротивление не должно превышать:

Для контактов на 400 А 75 мкОм

Для контактов на 600 А 60 мкОм

Для контактов на 900 А 50 мкОм

Для контактов на 400 А 40 мкОм

Переходное сопротивление контактов сборных шин измеряется выборочно и

в том случае, если не позволяет конструкция КРУ. Сопротивление участка шин

в месте контактного соединения не должно превышать более чем в 1,2 раза

сопротивление участка той же шины, но без контакта. Переходное

сопротивление разъединяющих контактов вторичных цепей измеряется выборочно.

Сопротивление контактов должно быть не более 4000 мкОм.

Измерение давление ламелей разъединяющихся контактов первичных цепей

производиться выборочно при выкаченной тележке КРУ. Сила нажатия каждой

ламели на неподвижный контакт или металлическую пластину равной толщины

должна быть в пределах 10-15 кг.

Проверка правильности регулировки вторичных разъединяющихся контактов

производится в испытательном положении. Правильно отрегулированные контакты

должны удовлетворять следующим требованиям: оси неподвижных частей

контактов должны совпадать; соединение неподвижной и подвижной частей

контактов должно происходить на расстоянии 7-17 мм от края пружинящих

пластин; ход пружинящих пластин при включении вторичных контактов должен

быть не менее 5 мм. Отгибание пружинящих пластин не допускается.

Измерение переходного сопротивления связи заземления тележки с

корпусом производится между конструкцией тележки и корпусом; сопротивление

не должно превышать 100 мкОм.

Измерение сопротивления изоляции элементов, выполненных из

органических материалов, производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже 100 МОм.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции

аппаратуры первичных цепей производится так, чтобы испытанию повышенным

напряжением подвергалась вся изоляция первичных цепей (включая масленый

выключатель, нижние проходные опорные изоляторы); испытания необходимо

производить до присоединения отходящих силовых кабелей.

Все тележки должны быть установлены в рабочее положение, выключатели –

включены. Тележки с трансформаторами напряжения должны быть выкачены.

Испытания производятся пофазно при заземленных других фазах.

Величина испытательного напряжения оборудования ячеек КРУ принимается

в соответствии с таблицами. Продолжительность приложения испытательного

напряжения: 1 мин –для чисто керамической изоляции; 5 мин – для изоляции с

элементами из органических материалов. Испытания вторичных цепей производится напряжением промышленнойчастоты 1000 В в течение 1 мин.

|  |
| --- |
| Обслуживание комплектных распределительных устройств |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Обслуживание комплектных распределительных устройствКомплектные распределительные устройства (КРУ) имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными распределительными устройствами (РУ): технологичны при индустриальном монтаже подстанций, надежны в работе при правильной эксплуатации и др.  Конструктивной особенностью КРУ (рис. 1) и КРУН 6 - 10 кВ (рис. 2) является металлический шкаф, представляющий собой каркасную металлоконструкцию. Шкаф разделен металлическими перегородками на отсеки: сборных шин, выкатной тележки, разъединяющих контактов, трансформаторов тока и кабельной сборки, приборный шкаф. Перегородки в шкафах предназначены для локализации возможных аварий внутри шкафов и удобства обслуживания.  В шкафах выкатного исполнения тележки выключателей могут занимать три положения:   * рабочее, при котором тележка с выключателем находится в шкафу, контакты первичных и вторичных цепей замкнуты, выключатель находится под нагрузкой или под напряжением, если он отключен, * контрольное, когда тележка с выключателем выкачена из шкафа не полностью, контакты первичной цепи разомкнуты, а вторичные остаются замкнутыми (в этом положении возможно опробование выключателя на включение и отключение), * ремонтное, при котором тележка с выключателем полностью выкачена из шкафа, контакты всех цепей разомкнуты.   Шкаф серии К-ХII с выключателем ВМЦ-10  Рисунок 35 Шкаф серии К-ХII с выключателем ВМЦ-10: 1 отсек выкатной тележки, 2 - отсек трансформаторов тока и кабельного ввода, 3 - отсек верхних (шинных) разъединяющих контактов, 4 - отсек сборных шин, 5 -приборный шкаф, б -релейный отсек, 7 -тележка, 8 - выключатель ВМП-10 с приводом ПЭ-11, 9 - трансформатор тока нулевой последовательности, 10 - трансформатор тока, 11 - заземляющий разъединитель  Комплектное распределительное устройство серии К-37  Рисунок 36 Комплектное распределительное устройство серии К-37. Разрез по отходящей ячейке с воздушным выводом:1 - отсек выкатной тележки, 2 - отсек разъединяющих контактов, трансформаторов тока, заземляющего разъединителя, 3 - отсек сборных шин, 4 - релейный шкаф, 5 - тележка с выключателем, 6 – вентиляция  При ремонте для защиты персонала от случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в шкафах предусмотрена система блокировок:   * при выкатывании тележки из шкафа доступ к токоведущим частям автоматически закрывается с помощью защитных шторок, * оперативная блокировка, исключающая выполнение ошибочных операций: выкатку тележки из рабочего и контрольного положения при включенном выключателе, * включение заземляющего разъединителя, если тележка выключателя находится в рабочем положении, * вкатывание тележки в шкаф при включенном заземляющем разъединителе.   Комплектные распределительные устройства работают надежно при правильном монтаже шкафов, качественной наладке и регулировке оборудования. Важным фактором надежной работы РУ является их правильная эксплуатация, выполнение всех рекомендаций заводов-изготовителей по эксплуатации РУ. Невыполнение перечисленных требований может привести к повреждениям и авариям в КРУ.  Наличие отверстий в перегородках снижает локализационную способность КРУ и КРУН. При КЗ в концевых заделках кабелей, при отказах выключателей, перекрытиях изоляции электрическая дуга через отверстия может перейти на сборные шины и оборудование соседних ячеек.  Плохая герметизация шкафов может привести к тому, что внутрь шкафов попадет влага и пыль, что вызовет перекрытие изоляции, перекосы при установке шкафов ведут к повреждению первичных разъединяющих контактов и опорных изоляторов во время вкатывания тележек в шкафы, плохая регулировка и дефекты механизмов блокировки приводят к ошибочным действиям персонала при переключениях.  При осмотрах КРУ, КРУН следует обращать внимание на качество уплотнения дверей, днищ в местах прохода кабелей, отсутствие щелей в стыках шкафов, через которые могут проникать мелкие животные.  Проверяются работа сети освещения и отопления (в холодное время года) шкафов и помещений, уровень масла в выключателях, отсутствие видимых повреждений изоляторов, состояние релейной аппаратуры и вторичных цепей, наличие четких надписей на шкафах. В ночное время проверяется коронирование изоляторов. Осмотры оборудования производят через смотровые окна, люки, сетчатые ограждения.  [Комплектное распределительное устройство](http://electricalschool.info/main/electromontag/919-komplektnye-raspredelitelnye.html)  При резких перепадах температуры наружного воздуха происходит повышение относительной влажности в шкафах (до 100%) и увлажнение изоляторов. По увлажненной и запыленной поверхности может произойти перекрытие изоляторов. Для надежной работы изоляции необходима ее периодическая чистка.  Одним из эффективных способов защиты изоляции является обмазка изоляторов гидрофобной пастой. Кроме того, для обеспечения нормальной работы шкафов в условиях выпадения росы дополнительно предусматриваются уплотнения стыковочных швов, применяются опорные и проходные изоляторы с длиной пути разряда по поверхности изолятора не менее 165 мм, а также устанавливаются автоматические устройства:   * включения обогрева масляных выключателей при температуре ниже - 25 °С, * включения форсированного обогрева шкафов при температуре ниже +5°С для ускоренной сушки изоляции и предотвращения выпадения росы на изоляции при относительной влажности выше 70 %, * обогрева счетчиков и релейной аппаратуры при температуре ниже +5 °С.   В последнее время для снижения тяжести разрушений происходящих при КЗ в ячейках КРУ и КРУН, применяются различные варианты так называемой "дуговой защиты". Для этой защиты используются датчики, реагирующие на яркий свет, высокую температуру и избыточное давление, сопровождающие КЗ в ячейках.  Обслуживание КРУ  В качестве датчиков, реагирующих на яркий свет дуги, используются фотоэлементы, устанавливаемые в ячейках отходящих линий и в отсеках сборных шин. Фотоэлементы включаются в цепи быстродействующих защит, отключающих с минимальной выдержкой соответствующие выключатели.  Датчиком, реагирующим на высокую температуру дуги, является натянутый в ячейке шнур, который, сгорая, освобождает концевой выключатель, контакты которого воздействуют на цепи отключения выключателя.  Датчиком, реагирующим на избыточное давление в ячейках, является разгрузочный клапан. Срабатывая, он воздействует на концевой выключатель, что приводит к отключению выключателей присоединений, питающих секцию.  Кроме вышеуказанных способов, предотвращающих разрушения ячеек комплектных распределительных устройств от внутренних КЗ, применяется быстродействующая релейная защита шин секций 6 - 10 кВ, которая срабатывает только при КЗ на сборных шинах подстанции и отключает его с минимальной выдержкой времени выключателями питающих присоединений. |

**Порядок проведения работы**.

Изучить оборудование КРУ.

Записать способы наладки оборудования КРУ

Выполнить наладку оборудования КРУ.

**Контрольные вопросы.**

1. Из какого оборудования состоит КРУ ?
2. У какого оборудования проверяют сопротивление?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N9

**Наладка коммутационной аппаратуры**

**Цель работы**: 1) Ознакомить с устройством коммутационной аппаратуры.

2) выполнить наладку коммутационной аппаратупы.

**Приборы и инструмент**: отвертка, тестер.

**В результате изучения студент должен:**

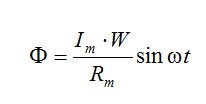
- **знать** методы наладки устройств воздушных и кабельных линий;

- **уметь** выполнять работы по проверке и настройке устройств воздушных и кабельных линий.

**Краткие теоретические сведения**

**Коммутационно-защитная аппаратура** предназначена для управления электроприводами и их защиты, включает в себя контакторы, тепловые реле, выключатели, предохранители и применяются в виде комплексных устройств, таких, как магнитные пускатели, магнитные станции.

Для дистанционного управления и защиты нерегулируемых асинхронных электродвигателей применяются магнитные пускатели, в состав которых входят контактор К, тепловые реле РТ и кнопочный пост управления. Магнитным пускателем производится включение асинхронного электродвигателя непосредственно в сеть. Минимальная защита осуществляется катушкой контактора К, защита от перегрузок—тепловым реле РТ, контакты которого включены в цепь катушки К . Время срабатывания реле РТ тем меньше, чем больше ток перегрузки. Так как по катушке протекает переменный ток, магнитопровод контактора выполнен из шихтованного железа для уменьшения потерь на перемагничивание. Синусоидальный магнитный поток

[](http://1.bp.blogspot.com/-fFtDO5D3LoU/TgvsVHET9pI/AAAAAAAAAZo/XmW_ezqusqE/s1600/4.jpg)

где Im – амплитуда максимального тока; W – число витков; Rm – магнитное сопротивление магнитопровода; wt – фазный угол, создаёт пульсирующую от нуля до максимального значения электромагнитную силу, действующую на подвижную часть контактора, что вызывает вибрацию контактора. Для устранения вибрации на магнитопроводе имеется короткозамкнутый виток, благодаря которому часть потока сдвинута по фазе относительно основного потока и суммарная электромагнитная сила не снижается до нуля.

В электрических аппаратах чаще всего повреждаются подвижные, неподвижные и дугогасительные контакты. Ремонт в основном заключается в определении неисправности, устранении ее, замене поврежденных и изношенных деталей с последующей регулировкой и испытанием. При эксплуатации контакты очищают от нагара металла, копоти, окислов. Очищают напильником с тонкой (мелкой) насечкой. Устраняют сильный и слабый нажим контактов. Для этого между контактами помещают бумагу (фольгу), оттягивая подвижные контакты через динамометр, вытягивают фольгу. Нормальное усилие 0,5-0,7кГ. Магнитная система контактов может создавать шум, гудение, причины этого: неплотно прилегает якорь к сердечнику, повреждение короткозамкнутого витка, очень большое натяжение контактов, якорь перекошен по отношению к сердечнику, в местах прикосновения якоря и сердечника имеется ржавчина, у магнитных пускателей и контакторов нельзя допускать разновременности замыкания силовых контактов. Короткозамкнутые витки у контакторов и магнитных пускателей выполняются из меди, латуни и алюминия. Они укладываются в штампованные пазы на концах сердечника. Обращается внимание на дугогасительные камеры. Отсутствие их может вызвать перекрытие дугой отдельных фаз.

Катушки ремонтируют при повреждении каркаса, обрывах, витковых замыканиях и полном сгорании. Обрыв в катушке определяется, если не развивается тяговое усилие и не потребляется ток. Витковое замыкание обнаруживается по ненормальному нагреву и уменьшению тяги. У контакторов чаще меняют главные контакты, гибкие соединения, дугогасительные камеры, катушки, пружины, короткозамкнутые витки.

Сопротивление изоляции обмоток не должно превышать 0,5 МОм. У реле чаще перегорают нагревательные элементы. Для нагревательных элементов применяют нихром, фехраль. Отдельные нагревательные элементы изготавливают методом штамповки. Спиральные нагревательные элементы кадмируют для предохранения от окисления. На рисунке 6 показан контактор магнитного пускателя.Ремонт контактов. Загрязнения, износ, обгорание, копоть или окисления, наплывы и брызги металла на поверхности подвижных (включая и ножи рубильников) или неподвижных (губки ножей) контактов, а также на пластинах и контактных мостиках устраняются хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в бензине, или надфилем.При изломе или ослаблении контактных пружин, повреждениях антикоррозийного покрытия, пружины заменяют.         Ремонт катушек электромагнитов. Катушки бывают каркасными и бескаркасными.

Наиболее часто встречающееся повреждение - трещины длиной до 15мм в каркасе. Их устраняют следующим образом. Поверхность каркаса вокруг трещины очищают от пыли и масла хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в бензине. При повреждении наружного слоя изоляции катушки или обрыве обмоточного провода в верхних слоях обмотки снимают наружную изоляцию обмотки и поврежденные витки до места повреждения или обрыва, припаивают, изолируют место пайки нового обмоточного провода и доматывают требуемое количество витков, повторив операции, которые выполняются при намотке новых катушек. При значительных повреждениях каркаса, междувитковых замыканиях, обгорании изоляции обмотки на большую глубину катушка должна быть заменена новой.

Ремонт каркасных катушек. Подбирают необходимый для катушки каркас и провод, параметры которого должны соответствовать паспортным данным. Перед установкой на намоточный станок каркас следует обернуть двойным слоем электроизоляционной бумаги толщиной 0,02-0,03мм и конец ее приклеить к каркасу. При намотке необходимо следить за тем, чтобы натяжение провода не было чрезмерным, это может вызвать обрыв провода. Провод при намотке должен ложиться ровным плотным слоем. Между 1-м и 2-м слоями обмотки укладывают межслоевую изоляцию из изоляционной бумаги. Если катушка нагревостойкая, то для межслоевой изоляции используют тонкую стеклоткань. Ремонт магнитопровода. Загрязнения удаляют хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в бензине; следы коррозии тщательно зачищают стальной щеткой и шлифовальной шкуркой; наклеп на поверхностях соприкосновения сердечника и ярма удаляют шлифовкой поверхности напильником на шлифовальном станке.

**Порядок проведения работы**.

Для выполнения работы необходимо смонтировать электрическую схему, приведенную на рисунке 37

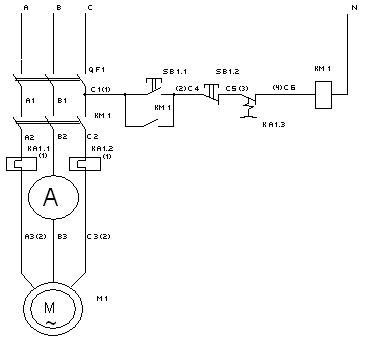


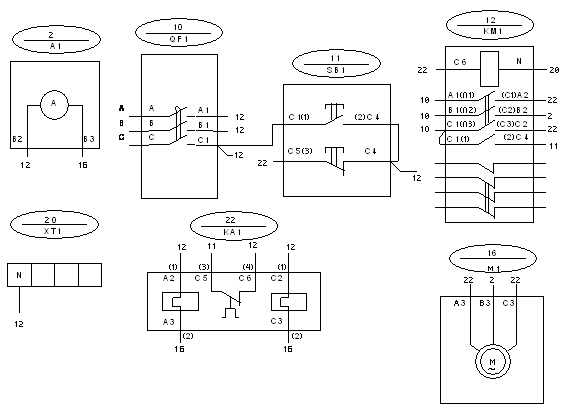
Рисунок 37

Исследования в данной работе производятся на основе асинхронного электродвигателя М1. Для управления работой электродвигателя используются следующие коммутационные аппараты: автоматический выключатель QF1 - для подключения схемы управления к питающему напряжению и защиты от токов короткого замыкания; магнитный пускатель КМ1 - для подключения обмотки статора двигателя к питающему напряжению; тепловое реле КА1 - для защиты двигателя от длительных перегрузок; кнопки кнопочного поста SB1.1 и SB1.2 - для пуска и останова двигателя.

Контроль за током в фазах, фазным напряжением, потребляемой активной мощностью и скоростью вращения вала электродвигателя производится по приборам: A1, V1, W1 и n. Контроль за работой коммутационных аппаратов производится визуально.

Ознакомиться с расположением аппаратов на панели стенда. По схеме монтажной на рисунке 38 смонтировать схему управления двигателем М1. После проверки преподавателем произвести проверку работы схемы при поданном напряжении питания. Снять показания амперметра. Тестером измерить все фазные и линейные напряжения. Зафиксировать показания. Сделать заключение о правильности выбора пускорегулирующей аппаратуры и аппаратов защиты. Обосновать выводы.

Сборка схемы выполняется по монтажной схеме, показанной на рисунке 38



Р

иРисунок 38

 Включить автоматический выключатель и перевести переключатель МП в положение «1». Проверить нормальную работу магнитного пускателя, нажав кнопку «ПУСК» а затем «СТОП».

По указанию руководителя (преподавателя), ввести одну из неисправностей. Вновь нажать кнопку «ПУСК» а затем «СТОП». Проанализировать работу магнитного пускателя. Обдумать возможные причины данной неисправности.

С помощью замеров напряжения вольтметром V на контрольных точках К1-К5 выявить причину данной неисправности. Объяснить.

**Контрольные вопросы.**

1. Какие аппараты относятся к пускорегулирующей аппаратуре? Перечислите их.
2. В каких режимах проверяют электродвигатель после монтажа?
3. Каково назначение автоматического выключателя и магнитного пускателя?

**Литература**

1. Троицкий А.И. Электромонтажник электрических сетей и электрооборудования : учеб. пособие / Феникс, 2017. – 409 с. : ил. – (Среднее профессиональное образование)
2. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
3. ГОСТ 2.109-73\* Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
4. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы.
5. ГОСТ 2.302-68 Единая система конструкторской документации. Масштабы.
6. ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах.
7. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем
8. ГОСТ 2.732-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.
9. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения.
10. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
11. Правила устройства электроустановок – 7-е издание с изменен, испр. и доп. – Ч.: ИСЦ Дизайн-Бюро, 2004.
12. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная версия СНиП 23-05-95\*.
13. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа